

# **génie de la réaction chimique**

*conception  
et fonctionnement des réacteurs*

**Jacques Villermaux**

*Professeur de Génie Chimique  
à l'Ecole Nationale Supérieure des Industries  
Chimiques de Nancy  
Directeur du Laboratoire des Sciences  
du Génie Chimique CNRS-ENSIC*

BEST AVAILABLE COPY

**technique & documentation**  
*Lavoisier*

© Technique et Documentation (Lavoisier), 1982  
11, rue Lavoisier - F 75384 Paris Cedex 08

ISBN 2-85206-132-5

2<sup>ème</sup> tirage revu et augmenté d'un index, 1985

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants-droit ou ayants-cause, est illicite » (alinéa 1<sup>er</sup> de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal.

BEST AVAILABLE COPY

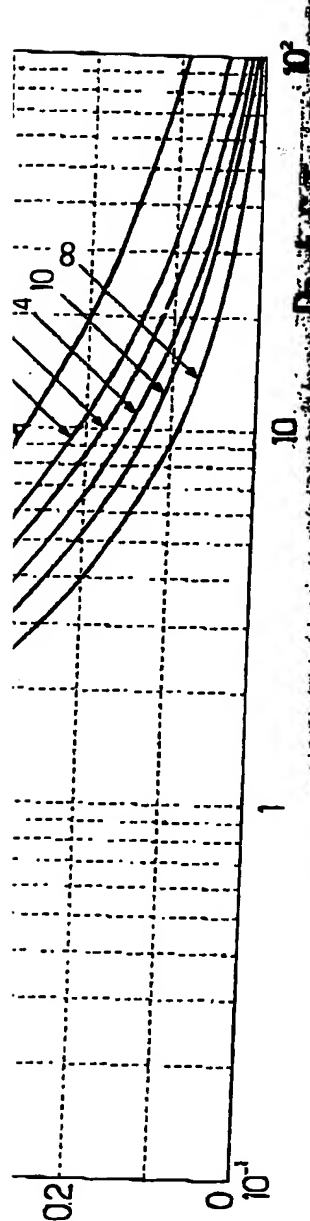


Figure 6.43 bis

Les figures (6.42) et (6.43) représentent d'une manière plus quantitative l'influence de la dispersion axiale sur la conversion dans le cas de réactions du premier et du second ordre.

Dans le cas général où l'on a établi un modèle d'écoulement réaliste en associant des zones d'écoulement idéal, comme nous l'avons montré au paragraphe 6.8.3, le calcul de la conversion s'effectue de proche en proche en résolvant les équations de bilan de matière dans les motifs élémentaires du modèle, compte-tenu des courants de fluide qui les relient. La plupart des modélisations de réacteurs industriels s'effectuent par cette méthode.

### 6.10.3 LES PHENOMENES DE MICROMELANGE : SEGREGATION ET PRECOCITE DU MELANGE

La qualité du mélange à l'intérieur du réacteur est un paramètre important, qui conditionne la mise au contact des différentes portions du fluide et les échanges de matière au sein du mélange réactionnel.

On convient d'appeler **MACROMELANGE** (ou mélange à l'échelle macroscopique) l'ensemble des phénomènes qui conduisent à l'existence d'une distribution de temps de séjour, tandis qu'on réserve le terme de **MICROMELANGE** (ou mélange à l'échelle microscopique) aux phénomènes qui caractérisent la texture fine du mélange.

La description de l'état de micromélange repose sur deux notions distinctes :

- l'état de *ségrégation* du fluide,
- la *précocité* du mélange.

#### 6.10.3.1 Etat de ségrégation.

Un mélange réactionnel macroscopiquement homogène peut présenter une structure microscopique variable :

- ou bien le fluide est intimement brassé à l'échelle moléculaire. Deux molécules quelconques peuvent venir en contact l'une de l'autre. On dit qu'on a un *microfluide*, ou un mélange à l'échelle moléculaire. C'est le cas de presque tous les fluides peu visqueux.
- ou bien les molécules restent groupées par *paquets* dont la dimension est très petite à l'échelle macroscopique, mais qui contiennent encore un grand nombre de molécules (disons  $10^{12}$ ). Ces paquets, qui ne se défont pas lors de la traversée du réacteur, sont appelés *domaines de ségrégation* (Danckwerts). Le brassage intéresse les domaines entre eux mais les molécules d'un domaine restent liées et ont même âge. On dit qu'on a un *macrofluide*, ou que la *ségrégation est totale*.

Un fluide réel peut présenter une ségrégation partielle. On le considère comme un mélange de micro- et de macrofluide.

Pour raffiner cette description on distingue l'*échelle de ségrégation* qui fixe la dimension moyenne des domaines de ségrégation et l'*intensité de ségrégation*, qui caractérise l'importance de l'échange de matière entre les agrégats : lorsque l'intensité est grande, il y a peu d'échanges et les variations de composition d'un agrégat à l'autre sont abruptes ; au contraire, lorsque l'intensité est faible, les échanges contribuent à effacer les gradients de composition entre agrégats.

Les échanges entre agrégats ont lieu par diffusion turbulente si le milieu est suffisamment agité et que leur dimension est supérieure